

①

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-063303

(43)Date of publication of application : 12.03.1993

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 03-253108

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOLOGY

(22)Date of filing : 04.09.1991

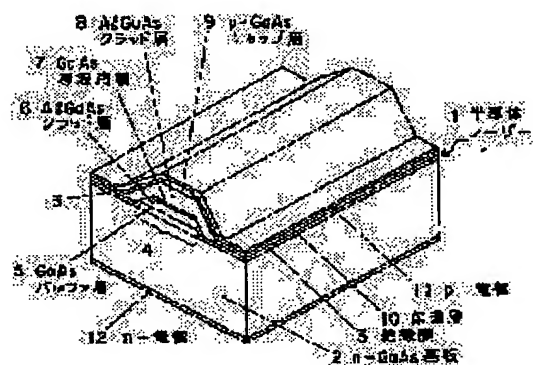
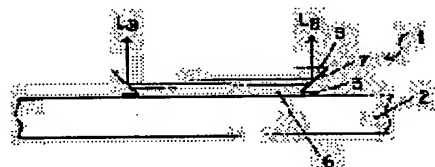
(72)Inventor : OGURA MUTSURO
WATANABE MASANOBU
ITO HIDEO
MORI MASAHIKO
MUKAI SEIJI
YAJIMA HIROYOSHI
CHIN TOMOO

(54) MANUFACTURE OF OPTICAL FUNCTIONAL ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To manufacture the title optical functional element in optical waveguide structure discharging satisfactory optical confining function in simple process on a substrate while reducing the obstruction factor to the increase in the integration degree as well as gaining the freedom of layout.

CONSTITUTION: A pair of insulating films 3, 3 in specific width are formed on an n-GaAs substrate 2. Next, an AlGaAs lower side clad layer 6, a GaAs waveguide layer 7 and an AlGaAs upper side clad layer 8 are successively grown by MOCVD step on the substrate main surface exposed by a striped window 4 between the pair of insulating films 3, 3 so as to erect an optical waveguide structure. In such a constitution, if the main surface of the substrate 2 comprises (1, 0, 0) surfaces, the side surfaces of the optical waveguide structure have the oblique surfaces comprising B surfaces (1, 1, 1).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.09.1991

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2081665

[Date of registration]

23.08.1996

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-63303

(43) 公開日 平成5年(1993)3月12日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

9170-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数14(全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平3-253108
(22) 出願日 平成3年(1991)9月4日

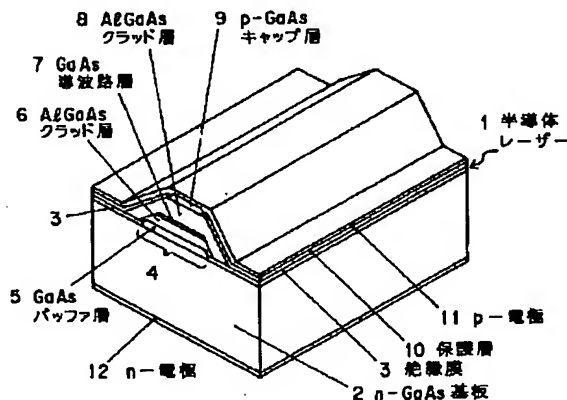
(71) 出願人 000001144
工業技術院長
東京都千代田区霞が関1丁目3番1号
(72) 発明者 小倉 睦郎
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技
術院電子技術総合研究所内
(72) 発明者 渡辺 正信
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技
術院電子技術総合研究所内
(72) 発明者 伊藤 日出男
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技
術院電子技術総合研究所内
(74) 指定代理人 工業技術院電子技術総合研究所長
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光機能素子の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 基板上に、簡単なプロセスで十分な光閉じ込め機能の光導波路構造を持つ光機能素子を製造する。集積度向上の阻害要因も除去し、レイアウトの自由度も得る。

【構成】 n-GaAs基板2の上に所定の幅の一对の絶縁膜3, 3を形成する。当該一对の絶縁膜の間のストライプ状窓4により露呈した基板主面上に、MOCVDにより、AlGaAs下側クラッド層6、GaAs導波路層7、AlGaAs上側クラッド層8を順次成長させ、光導波路構造を製造する。基板2の主面が(1, 0, 0)面であれば、光導波路構造の側面は(1, 1, 1)B面による斜面となる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に、下側クラッド層、導波路層、上側クラッド層を形成した光導波路構造部分を有する光機能素子の製造方法であって；上記半導体基板上の上記光機能素子を形成すべき面積領域を露呈するストライプ状の窓を形成するため、該窓の少なくとも両側にあって上記基板主面を覆う絶縁膜を形成した後；該絶縁膜をマスクとして気相選択成長により、上記窓を介して開口した上記基板主面の上に上記光導波路構造を形成すること；を特徴とする光機能素子の製造方法。

【請求項2】 請求項1記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓を直線状に形成すること；を特徴とする方法。

【請求項3】 請求項2記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓を、長さ方向に少なくとも一回、その幅が細幅から広幅に変化するように形成すること；を特徴とする方法。

【請求項4】 請求項2記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓を、その長さ方向の両端も絶縁膜によって閉ざし、矩形の平面形状に形成すること；を特徴とする方法。

【請求項5】 請求項2記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓を、長さ方向に沿い、周期的に幅が変化するように形成すること；を特徴とする方法。

【請求項6】 請求項2記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓の両側に沿う絶縁膜も、それぞれ幅を有する一対のストライプ状に形成すること；を特徴とする方法。

【請求項7】 請求項6記載の光機能素子の製造方法であって；上記一対のストライプ状絶縁膜を、その長さ方向端部において幅が狭くなるように形成すること；を特徴とする方法。

【請求項8】 請求項1、2、3、4、5、6または7記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓を、少なくとも二つ以上が絶縁膜を挟んで並設するように形成すること；を特徴とする方法。

【請求項9】 請求項8記載の光機能素子の製造方法であって；上記並設する二つ以上のストライプ状窓を、その長さ方向の一部分において光結合機能素子を形成するために互いに十分近接するように形成すること；を特徴とする方法。

【請求項10】 請求項1記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓を、その長さ方向の途中から少なくとも二本以上に分岐するように形成すること；を特徴とする方法。

【請求項11】 請求項1記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓を、閉じたリング状に形成すること；を特徴とする方法。

【請求項12】 請求項1記載の光機能素子の製造方法

2

であって；上記ストライプ状窓を、その一端からループを描いて他端に戻る形状に形成すること；を特徴とする方法。

【請求項13】 請求項12記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓の上記一端と上記他端とを、光結合機能素子を形成するために互いに十分近接するように形成すること；を特徴とする方法。

【請求項14】 請求項1記載の光機能素子の製造方法であって；上記ストライプ状窓を、直線状の第一の窓と、その一端からループを描いて他端に戻り、該一端と他端とが光結合素子を形成するに十分に近接した第二の窓とから構成すると共に、該第一の窓と上記第二の窓の一部分同士も光結合素子を形成するに十分な程、近接させること；を特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光導波路を持つ光機能素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 光導波路を持つ光機能素子の代表的なものに、半導体レーザがあるが、特に、キャリアの拡散や再結合が阻止されるため、低いしきい値を得易い構造として、光導波路（ダブルヘテロ構造）の両側を電流ブロック層により取り囲んだ、いわゆる埋め込み構造の半導体レーザがある。このような構造の半導体レーザを得るための製造方法に関しては、例えば、
従来文献1：J. Appl. Phys. Vol.45, No.11, 1974, pp. 4899

に認められるように、活性層を含む導波路構造部分（ダブルヘテロ構造を採る）を、均一なエピタキシャル成長の後にエッチングによっていわゆるリッジ構造に作製し、その後、一回の再成長で埋め込み層兼電流ブロック層を形成する手法がある。それ以前には、通常、結晶成長に二回の液相成長（LPE）が採用されていたが、液相成長は形状の微細化や量産性に難点があるので、有機金属気相成長法（MOCVD）が提案されたのである。これに対し、さらに、上記の再成長プロセス無しに、一回の、ないし一連の結晶成長によってのみ、活性層と埋め込み層とを作製する手法として、

従来文献2：ELECTRONICS LETTERS 15th Vol.24, No.19, 1988, pp.1249

がある。これでは、あらかじめ段差を形成した基板上に、連続してダブルヘテロ構造と電流ブロック層を形成している。すなわち、成長面の段差と結晶面方位とによるMOCVD成長速度の差を利用しているのである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記文献1に記載の製造方法によると、エッチングによりリッジ構造に形成されたダブルヘテロ構造の端面が大気に晒されて酸化され、界面欠陥を生み易く、特にAlGaAs系半導体レーザで

3

は、その素子性能や信頼性に問題があった。一方、上記文献2に開示の手法では、上記のように、一回の結晶成長で導波路構造部分と電流ブロック層とを形成するので、そうした欠点は解消されるが、その代わりに、次のような技術的困難が生ずる。

a. 基板から成長し、埋め込み層となる成長層と、ダブルヘテロ構造を採るリッジ上の成長層との位置関係を極めて正確に制御する必要があり、それがため、素子のストライプ幅（導波路幅）や集積化する場合の素子間隔に制約が生ずる。

b. 基板からの成長層とリッジ上の成長層とは結晶方位が異なるため、その界面に双晶等の欠陥が発生し易い。

c. 基板上に形成された凹凸形状は、成長直前の熱処理工程により変形し易いため、微細なストライプ（導波路幅）の形成は困難である。

本発明は、基本的にはこのような従来例における欠点を解消せんとしてなされたものであるが、さらに加えて、種々の光機能素子を集積した光集積回路を構成するにも合理的な製造方法を提供せんとするものである。後者の目的に関しさらに述べるに、一般に半導体基板上に半導体レーザや変調器などを組合せて光集積回路を構築せんとした場合、それら各光機能素子の間を連結する光機能素子として、光導波路もまた重要な構成要素となるが、これには吸収損失の少ないこと、曲がりに対する損失も少ないことが要求される。そのためには、当該光導波路のコア部分のバンドギャップをこれに結合する半導体レーザの活性層のそれよりも大きくしたり、左右方向における屈折率差を大きく取る必要がある。さらに横モードを制御するためには光導波路の幅を狭くする必要もあったが、従来のプロセス手法でこれらの要求を全て満たすことは極めて困難であった。そこで本発明では、上記基本的な課題に加えて、こうした従来の困難をも解消ないし低減することを第二の目的としている。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するため、半導体基板上に、下側クラッド層、導波路層、上側クラッド層を形成した光導波路構造部分を少なくとも有する光機能素子の製造方法として、半導体基板上の当該光機能素子を形成すべき面積領域を露呈するストライプ状の窓を形成するため、窓の少なくとも両側にあって基板主面を覆う絶縁膜を形成した後、この絶縁膜をマスクとして気相選択成長により、当該窓を介して開口した基板主面の上に上記光導波路構造を形成する。ただし、本発明の態様の如何によっては、製造すべき光機能素子の平面形状や機能に応じ、上記ストライプ状の窓は、両側のみならず、その長さ方向の両端も閉じられた矩形形状に形成したり、長さ方向に沿ってその幅を変えたり、長さ方向の途中で分岐させたりすることもある。さらにはまた、リング状に閉じた形状に形成したり、あるいはまた、うねった道状に形成したりする外、一端か

4

ら他端に向かってループを描いて戻ってくる形状に構成したりすることもある。

【0005】

【実施例】図1は、下側クラッド層、導波路層、上側クラッド層を形成した光導波路構造部分を少なくとも有し、本発明によって製造された光機能素子として、当該導波路層が活性層となる半導体レーザ、それも埋め込み型AlGaAs系の半導体レーザ1が示されている。以下、図2以降に即し、こうした半導体レーザ1を得る製造工程例に即し、本発明を説明する。

10

【0006】まず、図2に示されているように、半導体基板2として、この場合はn-GaAs基板2が選ばれており、その一主面上にはスパッタリングにより、厚さ100nmで幅 W_1 、 W_1 が10 μ mないし20 μ mのシリコン窒化膜(SiN_x)3、3が本発明要旨構成中に言う絶縁膜として形成されている。そして、この実施例では、当該一對の絶縁膜3、3の間の間隔部分であって、基板1の一主面が露呈されている部分である窓4は、幅 W_1 が2 μ mないし4 μ mの直線ストライプ状の形状をなしている。すなわち、この場合には、直線ストライプ状の一對の絶縁膜3、3により、同様に直線ストライプ状の窓4が形成されている。もちろん、このような形状構成は、基板1の主面上に一連に形成した絶縁膜に対し、所定パターンに従ってのエッチングを施すことで得られる。

20

【0007】このような構造を作製した後、基板1の主面の清浄度を確保するため、酸素プラズマエッチングにより、アッシングを施し、塩素水溶液による酸化膜除去、硝酸水溶液による浅いエッチングを行ってから、図3に示す各層を順次積層的に形成する。すなわち、手法自体としては公知既存の手法で良いMOCVDにより、通常の手順に従って、ストライプ状絶縁膜3、3によって挟まれているストライプ状窓4の上に順次、n-GaAs/バッファ層5、n-AlGaAsクラッド層6、GaAs導波路層7を形成する。GaAs導波路層7は、本実施例ではレーザの構築を目指しているので、いわゆるレーザ活性層として構成されるが、これはまた、公知のGaAs量子井戸構造層であっても良い。このGaAs導波路層7の上にも、引き続き一連のMOCVD工程により、p-AlGaAsクラッド層8、p-GaAsキャップ層9を順次成長させる。

30

40

【0008】これにより、図3に示されているように、絶縁膜3、3に沿う側面が傾斜し、全体として台形形状（リッジ形状）となったレーザの実質的な構造部分が形成されるが、これは、MOCVD成長の場合、(1,1,1)B面の成長速度の方が(1,0,0)面に比して遅いため、ストライプ状窓4の上に当該(1,1,1)B面を斜面上に持つエピタキシャル層が形成されるからである。また、その一方では、当該(1,1,1)B面の成長速度そのものは、比較的高温の成長では低速に進行するので、図3に良く示されているように、望ましいことに、上下のクラッド層6、8を形成するだけで、実質的にGaAs導波路層7の両側にも

50

5

自動的にクラッド層が形成された結果が得られ、当該GaAs導波路層7の周囲を物理的に閉じた所期の埋め込み構造を得ることができる。

【0009】ただし、両側の絶縁膜3、3上の多結晶AlGaAsの成長や、リッジ側面のGaAs層及びキャップ層の成長を抑制し、正確に設計形状に即した形状を得るためには、上記のエピタキシャル成長時に塩素ないしは塩酸ガス等のエッチングガスを混入させるのが有効である。逆に、一般的に言ってもストライプ状窓4の上におけるエピタキシャル層の成長速度は、当該エピタキシャル成長用の材料分子の表面拡散距離内にある絶縁体の面積により変化するため、当該面積の如何によって、一回の気相成長による成長膜厚や組成の面内分布を設計することが可能となる。この点は、後述する他の実施例に認められるように、本発明に従い他の種々の光機能素子の作製を行う場合にも、その設計に関し、有利に利用できる。なお、この埋め込み型半導体レーザの作製に関する本発明者の実験例においては、絶縁膜3、3による基板主面の被覆率は10%程度に抑え、ストライプ状窓4の上における気相成長速度を均一基板を用いた場合におけるとほぼ同等となるようにした。

【0010】上記のようにして、図3に示される構造までを完成したならば、その後、図1に示されているように、全体の保護層として、例えばSiN_x保護膜10を熱CVDにより形成し、GaAs導波路層7の上方に相当する一部分において当該保護層10に開口を開けてからp-電極11を蒸着し、基板2の裏面にはn-電極12を蒸着すれば、所期の埋め込み型半導体レーザ1を得ることができる。

【0011】図4は、実際に本発明者が試作した図1の構造の埋め込み型半導体レーザ1の特性例を示している。特に優れた特性ではないが標準的な特性が得られており、換言すれば、極めて簡単な製造プロセスであるにもかかわらず、埋め込み型半導体レーザとして十分な機能を持つ素子の製造に成功している。

【0012】また、明らかなように、本発明によると、絶縁膜3、3によってストライプ状窓4の両側はあらかじめ絶縁されているために、先に挙げた従来文献1、2においては必要であった電流ブロック層は不要となり、その分、製造は簡単化し、かつ、設計条件が緩和されるため、精度が出る。さらに、当該絶縁膜3上の成長は、先に述べたように、エッチングガスの採用や種々パラメータの選定により、無視可能な程度に収めることも比較的容易なため、ストライプ幅（素子幅ないし導波路幅）や素子間隔に関する制限が大幅に緩和され、隣接して複数の半導体レーザや後述する各種光機能素子を並設するに際し、その集積度を大いに高めることができる。基板が絶縁膜3により保護されているために、熱処理工程による形状の変化が少ないという効果もあり、これもまた、従来例に比し、優れた点となる。

6

【0013】なお、図4に示される特性は、いわゆるGaAs活性層を導波路層7として用いた場合の半導体レーザの特性例であるので、GaAs量子井戸構造を採用すれば、特性的にもより優れたものが得られるし、InGaAs層を用いると、GaAs基板2に対する吸収が少なくなるので、クラッド層6、8自体の厚さを通常のダブルヘテロレーザにおいて標準的とされる1.5μm程度以上にする必要も特になくなり、もっと薄くすることが可能となる。クラッド層6、8が薄くなること、すなわち素子の高さが減少することは、ストライプ状窓4の幅W_rももっと狭くて良いことを意味し、1μm以下にすることも可能となる。

【0014】上記実施例では、窓4は直線ストライプ状であって、その長さ方向の両端は原則として基板1の対応する端縁部にて開放していたが、図5(A)に示されているように、基板1の(1,0,0)主面上にあって長さ方向の両端も絶縁膜部分3で閉ざされていれば（すなわち、絶縁膜が矩形棒状の平面形状をなしていれば）、当該ストライプ状窓4の面方位を〈0,-1,1〉とした場合、図5(B)に示されるように光共振器を構成する両端面が45°で台形状に傾斜した半導体レーザが得られ、出力レーザ光L₁が基板2を厚み方向に抜けて裏面から出射する面発光レーザ1を得ることができるし、〈0,1,1〉とすれば、図5(C)に示されるように、基板表面側から垂直方向にレーザ光L₁が出射する面発光レーザ1が得られる。

【0015】さらに、本出願人はすでに、特公平1-12114号として、誘電体で囲まれた中心部分に、AlGaAs多層膜、GaAs活性層、AlGaAs多層膜を順次積層することにより、GaAs活性層がAlGaAs層により保護された構造の面発光レーザを提案しているが、本発明の思想に従っても、同様にこうした構造の面発光レーザを得ることができる。例えば図6(A)に示されているように、基板2の主面上に正方形等の窓4を絶縁膜3によって囲った形状で形成する。正方形であることは必須ではなく、円形であっても良いし、他の形状であっても良い。この状態で、MOCVDにより、順次、交互にアルミニウムの組成を変えて成長させたAlGaAs多層構造による下部反射層13、本発明で言う導波路層7としてのGaAs量子井戸層7、そして同様に交互にアルミニウムの組成を変えて成長させたAlGaAs多層構造による上部反射層15を形成する。この際にも、側面での成長を抑えるため、塩酸ガス等のエッチングを混用すると良い。次に、ノンドープAlGaAs層16で側面を覆い、誘起金属と共に塩酸ガスを導入して上面部にのみ、p-AlGaAsキャップ層9を形成した後、全体を絶縁膜（シリコン窒化膜）8で覆って上面部をドーナツ状に開口させる。ここにZn拡散をしてから電極17、18を形成すれば、上記公報中に開示された構造に準ずる面発光レーザを得ることができる。

【0016】本発明においては、得るべき光機能素子の

7

平面形状は、結局、少なくとも両側が絶縁膜3により規定されたストライプ状窓4の形状自体によってかなり高精度に決定できる。したがって、極微細レーザはもとより、複合共振器構造や、さらに一般的に種々の光集積回路を構築することができる。特に、ストライプ状窓4の上に形成されたエピタキシャル成長層の場合、側面が空気誘電体に接する構造を得るのが容易なため、光閉じ込め機能に優れ、曲がりにも強い光導波路を得ることができるので、設計の自在性は極めて高いものが得られる。以下ではこうした観点から、さらに種々の光機能素子を得る実施例につき説明する。

【0017】まず、図7に示されるように、成長マスクとして使用する一対の絶縁膜3、3の形状を、長さ方向で広幅部分31、31と細幅部分32、32とが連続する平面形状とし、これにより、ストライプ状窓4も、その長さ方向に沿って細幅部分41から途中で広幅部分42に移るように形成されていると、上記第一の実施例と同様の工程に従い、当該窓4により開口した基板上にMOCVDを援用して半導体レーザを作製した場合、伝搬モードが異なる導波路が縦方向に結合して成る半導体レーザを得ることができる。このようなレーザ構造によると、Appl. Phys. Lett. Vol.42, 1983, pp.650において報告されているC⁺レーザと同様に、内蔵する二つの導波路の接続点において反射が起こるため、当該接続点と両端の劈開面とで構成される二つの光共振器の縦モードが一致すると発振条件が満たされることを利用し、最終的に発振可能な縦モードを制限して発振波長を安定化させる効果を得ることができる。

【0018】また、図8に示すように、ストライプ状窓4の両側に位置する一対のストライプ状絶縁膜3、3の中間部分33に比し、両端の部分34、34を狭くすると、先に述べた理由により、この部分でのストライプ状窓4上の成長速度を遅くすることができるので、導波路層7を特に量子井戸構造とした場合、最終的に成長したレーザ構造において当該量子井戸構造の出射端近傍部分のバンドギャップを大きくすることができ、端面における光学的損傷のしきい値を大きくすることができる。上記した絶縁膜3に沿っての表面拡散長は、Gaの方がAlよりも大きいので、両側の絶縁膜3、3の平面形状ないし幅による成長速度の変化は、AlAsよりもGaAsの方が大きい。そこで、導波路層ないし活性層7をAlGaAs混晶とした場合、図8に示す絶縁膜3、3の形状では、レーザ端面近傍におけるGaの付着率は中央付近よりも小さくなり、Al組成を大きくすることができる結果、光学的損傷しきい値の大きな高出力レーザを提供できるのである。

【0019】図9に示すように、基板2の(1,1,1)B面上に、(1,1,-2)方向に短辺を持つ矩形のストライプ状窓4を矩形枠状の絶縁膜3によって形成するか、あるいはまた、通常の(1,0,0)基板主面上に劈開面から約45°の角度で窓4を形成した場合には、レーザ出射端を基板に

8

対して垂直に成長させることができるので、劈開工程やエッチング工程を経ることなく、一回の結晶成長によってのみ、満足な光共振器構造を持った半導体レーザを作製することができる。この場合、出射端がAlGaAsクラッド層にて覆われるため、当該出射端でのキャリア再結合を抑制することができ、発振しきい値の低減、レーザ出力の向上効果を得ることができる。

【0020】さらに、図10に示すように、絶縁膜3、3の幅を周期的に狭い部分31と広い部分32とで構成し、結果としてストライプ状窓4に周期的に広幅部分42と狭い部分41とを形成すれば、既述のMOCVDによりレーザ構造を作製する場合、導波路層ないし活性層7(図1)の幅や厚さを周期的に変化させることができる。したがってこの周期を、半導体レーザの管内波長の整数倍に設定すれば、いわゆる分布帰還型の半導体レーザを一回の選択成長により製造することができる。図10には、長さ方向中央の点から少し手前の部分に、長さ方向に少し長目の広幅部分があるが、ここには位相板が作製されることになる。このような位相板により、周期構造のブラッグ周波数に対し、発振波長を安定に整合させることや、両端面における光出力を非対称にし、一方の端面の方からの光出力を意図的に大きくすること等ができる。

【0021】本発明によると、先にも少し述べたように、一枚の基板上に高い集積密度で複数個の半導体レーザを並設したレーザアレイ構造を得ることができる。この場合には、各半導体レーザを成長させるためのストライプ状窓4の配置関係、ひいてはそれら個々のマスクとなるべき絶縁膜3の配置関係は、図11に示すようになる。このとき、並設されるストライプ状窓4、……の間隔を2μm程度以下とすると、隣接するレーザ同志の位相を同期することが可能となるが、これに際し、もっとも良く活性層の利得分布と整合し、安定となる位相関係は、隣接するレーザ同志が互いに逆位相となる場合である。しかし、こうすると、遠視野像においては斜め方向にピークを持つので、これを避けるには、当該図11に併示されているように、ストライプ状窓4の出射端近傍部分43、44の幅を一つ置きに細幅、広幅と順に変化させ、当該出射端近傍においては隣接するレーザ同志が同位相のレーザ光を出射するように設計すると良い。

【0022】図12は、導波路層ないし活性層7(図1)が長さ方向の途中で二つに分岐した構造を持つ、複合光共振器型半導体レーザ製造用の絶縁膜パタンの一例を示している。すなわち、ストライプ状窓4は、略直線状の部分45と、その長さ方向途中の部分から少し斜めに分岐し、再度、直線状部分45と平行に走る第二の直線状部分46とから成るように、絶縁膜3の平面形状が決定されている。これに従って既述したMOCVDにより製造された半導体レーザにおいては、すでに図7に即して説明したと同様の原理により、第一の直線状部分

9

45に沿って形成された導波路を持つ光共振器中の発振縦モードと、第二のストライプ状窓46に沿って形成された導波路を持つ光共振器中の発振縦モードとが一致する周波数においてのみ、発振が可能となるので、波長安定化の図られたレーザ光出力を得ることができる。

【0023】図13は、光機能素子として、方向性結合器を実現する場合のストライプ状窓ないし絶縁膜の平面形状例を示している。平行に走る一対のストライプ状窓4、4は、その長さ方向の中央部分47、47で長さLの距離に互り、互いに近接するように、絶縁膜3の平面形状が決定されている。この上に、すでに説明した選択成長により、それぞれ少なくとも上下のクラッド層6、8とそれらに挟まれた導波路層7を持つ光導波路構造を作製した場合、当該図13中のA-A線に沿う断面図である図14に示される構造が得られる。各部の符号には、既述した実施例中における対応する部分の符号を援用する。ただし、電極構造等は省略し、簡明に基本構造部分のみを示している。しかるに、絶縁膜3にあって、両導波路7、7が近接している部分に挟まれる絶縁膜部分35の幅を、1~2 μ m程度以下にすると、それら両導波路7、7を光学的に結合することができる。すなわち、二つの導波路7、7の伝搬定数が一致した場合、結合している距離をL、結合定数をkとすると、一つの導波路7を伝搬する光の電界強度は、 $\cos(k \cdot L)$ に比例し、結合長Lの調整により、任意の割合で光を分岐することができる。

【0024】さらに、図14に示されている中央近傍の結合部分において、左右に二分割、または上下左右に四分分割の電極を形成すれば、それらに与える電圧バイアス条件を変えることで、光スイッチを実現することができる。もちろん、こうした光スイッチに係る原理自体は、すでに公知である。

【0025】図15は、二つのレーザ導波路がその両端にて結合する交差モードレーザ用の絶縁膜パターン3を示している。すなわち、一対の平行に走るストライプ状窓4、4は、その長さ方向の両端近傍の部分47、47が互いに近づくように、それらの間の絶縁膜部分36、36が細幅となっており、やはりその幅は1~2 μ m程度以下とされている。このようなストライプ状窓の上に既述した手順で光導波路構造を作製した場合、当該両端部分近傍におけるA-A線に沿う断面は、図14と同様となる。そのため、当該図14中には、括弧書きで符号36も併示されている。このような構造においては、結合長Lは、出射端において二つの光導波路7、7からの出力が均等となるように設計する。したがって特殊な場合、一対の平行に走るストライプ状窓は、それらの全長に互り、絶縁膜部分36を挟んで近接することもある。さらに、上部の電極を横方向に分割し、二つの並設レーザを独立に駆動するように図ると、二つの出射端47、47におけるレーザ出力の強度及び位相が変化するの

10

で、これに何らかの情報を付したければ、当該情報は近視野像ないし遠視野像として検出することができる。

【0026】本方法に従って製造される光導波路は、側面を意図的に誘電体で覆うのも容易であるし、そうでなくても空気により囲まれるので、本質的に光閉じ込め機能に優れたものとなる。したがって、図16に示されるように、ストライプ状の窓4を例えばリング状に形成すると(つまり一対の絶縁膜3、3を同心円状に形成すると)、先と同様の手順によって光導波路構造を製造すると、そこにはいわゆるリング型レーザを得ることができる。こうしたレーザは、端面における損失がないか、極めて少ないので、Qファクタの大きな光共振器を持ったことになり、出射光スペクトルの半値幅は極めて狭くなる。そこで、通常のストライプ型レーザと結合させ、波長の安定化に用いたり、コヒーレント光通信にて必要となる局部発振器として有利に用いることができる。

【0027】また、図17に示されるように、基板2上にあってループを描いてほぼ一周して戻ってきた端部48、48の相互が、細幅な絶縁膜部分36を挟んで対峙する形状のストライプ状窓4を形成した場合には、非対称ミラーを用いることなく、レーザ出力を全て同一方向に出射させることができる。さらに、細幅部分36が上記した結合条件を満足する程に幅狭であれば、ここにも方向性結合器を構成でき、例えば周回方向において右回りに進行しながら発振する光成分と、左回りに進行しながら発振する光成分との干渉パターンを検出することができるので、共振型レーザジャイロを実現することができる。なお、この端面部分における図中、A-A線に沿う断面は、やはり図14に示したものと同様となる。

【0028】図18は、図1に即して説明した埋め込み型半導体レーザと図13、14あるいはまた図17に即して説明した方向性結合器とを同一基板上に組合せの關係で作製する場合に適当な絶縁膜3の平面パターン例を示している。まず、直線状のストライプ状窓4があり、その長さ方向中間部分47に対し、細幅絶縁膜部分35を介してもう一つのストライプ状窓4の中間部分47が近接している。後者のストライプ状窓4は、右アーム部分4Rと左アーム部分4Lとを有するループ状をなし、円を描いて戻った両端部48、48の相互が細幅の絶縁膜部分36を挟んで対向している。この部分の先には、それぞれ導波路型の光検出器を構成するための窓49、49が形成されているが、この部分49、49の間の絶縁膜部分37の幅は、バンドギャップを狭くするため、広くしてある。このようなマスクパターンに基づき既述した結晶成長を行って得られるレーザ、方向性結合器、導波路型光検出器は、それぞれ独立して駆動可能なように、専用に電極が付される。

【0029】こうして得られる光集積回路の動作例は、図19に即して説明することができる。直線状のストライプ窓4により構成された半導体レーザの直線状導波路

71中を矢印R₁で示される方向に進行する光の一部は、近接して並走する一対の窓部分47、47によって構成された方向性結合器の導波路部分81、81を介してループ状線路の右アーム72R中に導かれ(矢印R₂)、残りは出射端面から物体20に向けて出射される。物体20により反射されたレーザ光は、当該出射端面と物体20との距離に応じた位相情報φを持って再度直線状導波路71に入射し、図中、矢印L₁で示されるように当該導波路中を左に向けて進行し、その一部が方向性結合器の導波路部分81、81を介し、ループ状線路の左アーム72L中に矢印L₂で示されるように導かれた後、窓4の両端部48、48の上に形成された第二の方向性結合器の導波路部分82、82を介して右回りの光成分R₂と干渉する。そこで、この方向性結合器の左右の出力を、窓部分49、49(図18)の上に形成した導波路型光検出器83、83にて検出する。実質的に、これら光検出器83、83は、図1に示される構造で電極に逆バイアスを印加することで得られる。したがって、これら一対の光検出器83、83の出力の差を、例えば差動増幅器90により検出すれば、当該差動増幅器90の出力にsinφに比例した出力を得ることができ、干渉型変位差計を実現することができる。なお、右アーム72Rと左アーム72Lとにそれぞれ印加するバイアス条件を調整すれば、干渉条件を最適化することができる。

【0030】

【発明の効果】本発明によると、上下クラッド層により挟まれた導波路層を持つ光導波路構造を有してなる光機能素子を、極めて簡単な一連の選択気相成長により形成することができる。しかもその形状は、実質的に、基板上に形成する絶縁膜に開けた開口であるストライプ状窓の平面形状によって決定できる。特に、光機能素子が埋め込み型半導体レーザである場合、本発明はこれを得るに極めて簡単で精度の高い手法を提供でき、在来における種々の問題は解消されるか大いに低減される。また、当該ストライプ状窓の並設間隔は極めて狭くでき、高い集積密度の光集積回路を得ることができる。かつ、導波路の平面形状は、単純な直線状や矩形のみならず、曲がらせたりうねらせたり、分岐させたりすることも相当に自由であるので、複数の互いに異なる光機能を一枚の基板上に構築することも比較的簡単に行える。総括的に言って、この種の光機能素子の製造に関し、本発明によって与えられるプロセスの自由度、レイアウトの自由度は、かなり高いものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従って製造された光機能素子の第一例としての埋め込み型半導体レーザを示す概略構成図である。

【図2】図1に示される実施例素子を得るため、基板主

面上に形成される絶縁膜パタンの一例の説明図である。

【図3】図1に示される実施例素子の完成間近における工程の説明図である。

【図4】図1に示される半導体レーザの試作例における特性を示す説明図である。

【図5】本発明に従って45°反射ミラー付きの面発光半導体レーザを得るための説明図である。

【図6】本発明に従い、量子井戸構造を上下の多層反射層により挟んで成る半導体レーザを得るための説明図である。

【図7】本発明に従い、二つの光共振器が縦方向に結合した半導体レーザを得るために必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図8】本発明に従い、端面における光学的損傷しきい値の大きなレーザを得るに必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図9】本発明に従い、レーザ出射端を基板に対して垂直に形成するに必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図10】本発明に従い、分布帰還型の半導体レーザを得るに必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図11】本発明に従い、半導体レーザアレイを作製するに必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図12】本発明に従い、複合共振器構造を持つ半導体レーザを得るに必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図13】本発明に従い、一部に方向性結合器を有する光機能素子を作製するに必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図14】図13のA-A線に沿う要部の断面図である。

【図15】本発明に従い、交差モード半導体レーザを作製するに必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図16】本発明に従い、リングレーザを作製するに必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図17】本発明に従い、共振型レーザジャイロを構成し得る半導体レーザを得るに必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

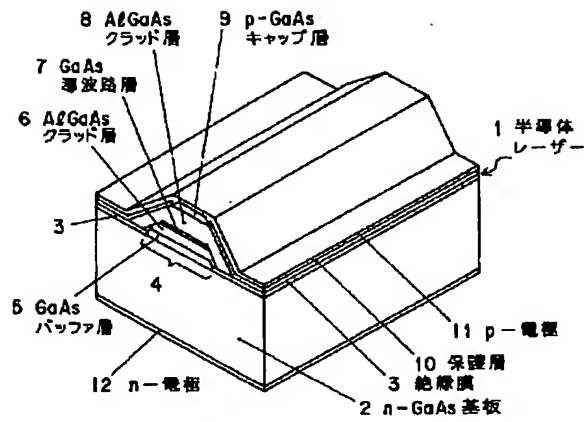
【図18】本発明に従い、干渉型変位差計を構成し得る光集積回路を得るために必要な絶縁膜パタン例の説明図である。

【図19】図18に示される光集積回路により構成される干渉型変位差計の動作に関する説明図である。

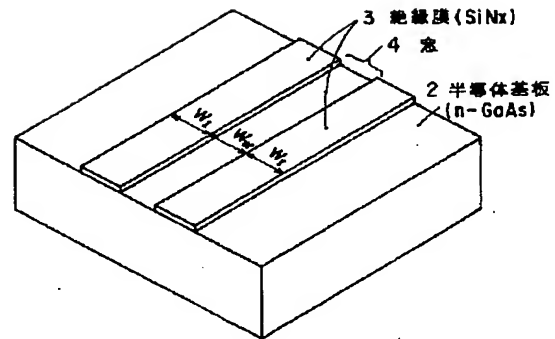
【符号の説明】

- 1 埋め込み型半導体レーザ,
- 2 基板,
- 3 絶縁膜,
- 4 ストライプ状窓,
- 6 下側クラッド層,
- 7 導波路層ないし活性層または量子井戸構造層.

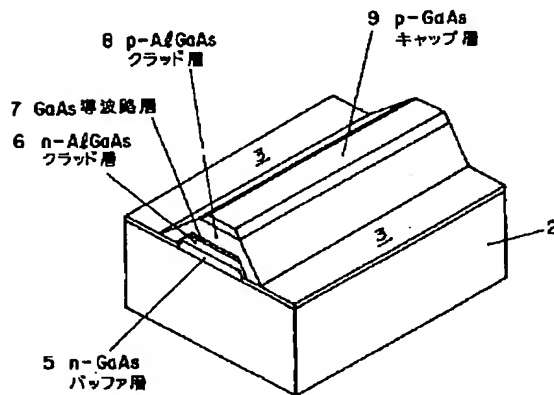
【図1】



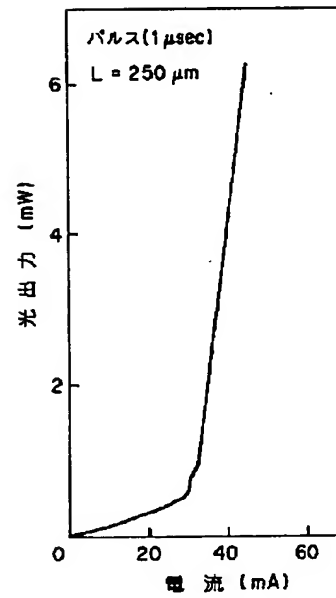
【図2】



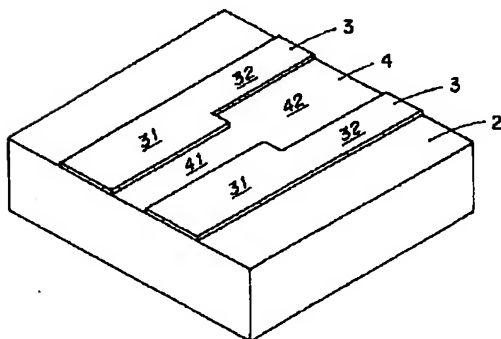
【図3】



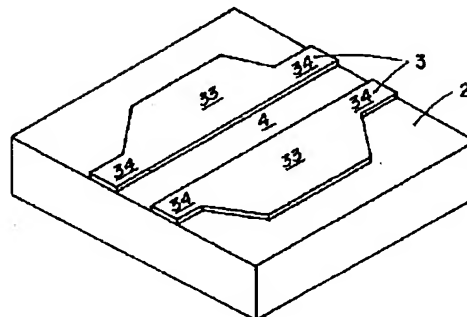
【図4】



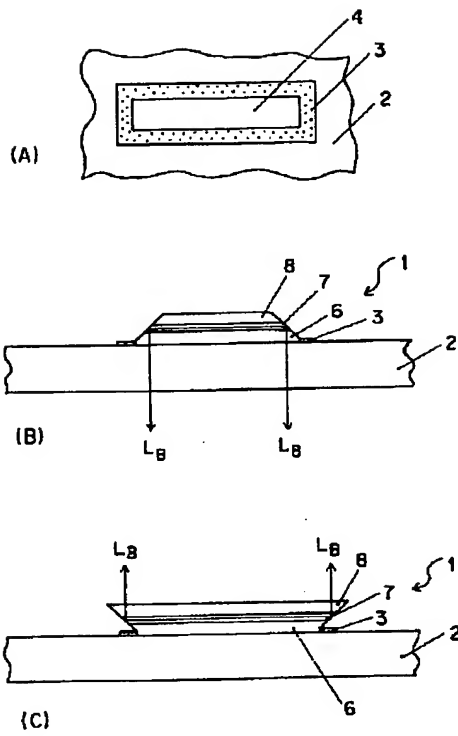
【図7】



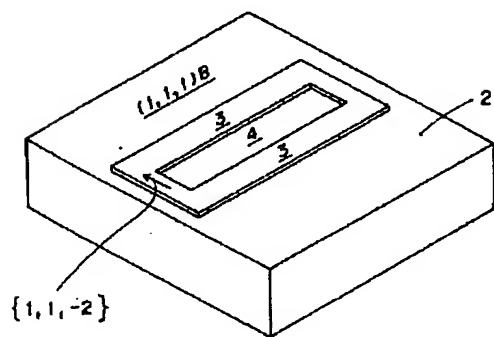
【図8】



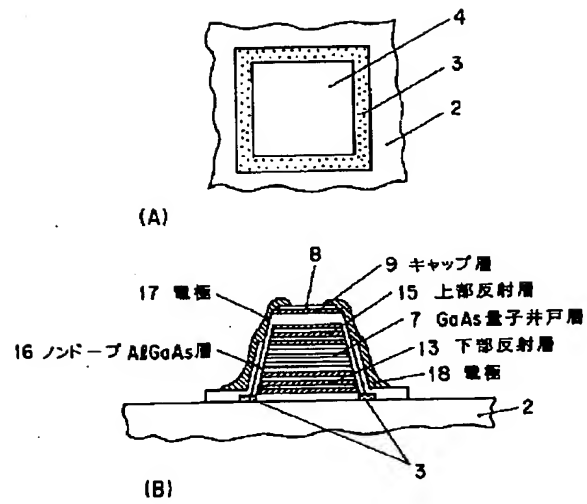
【図5】



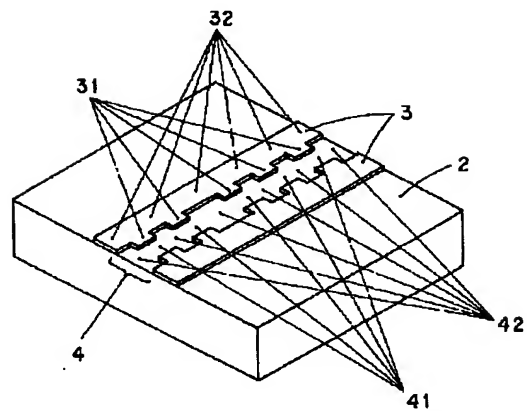
【図9】



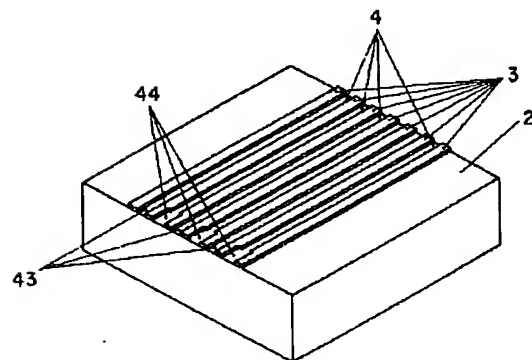
【図6】



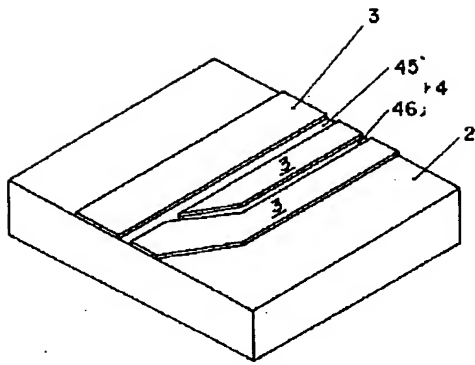
【図10】



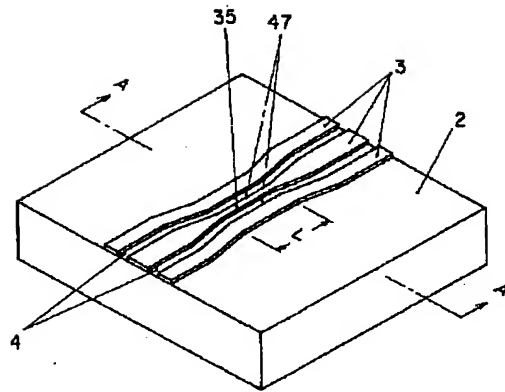
【図11】



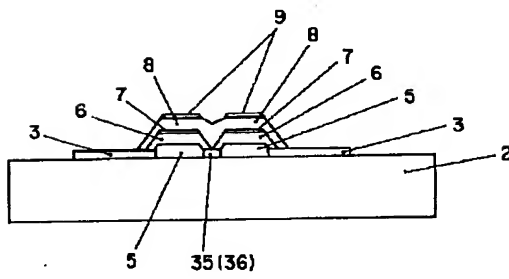
【図12】



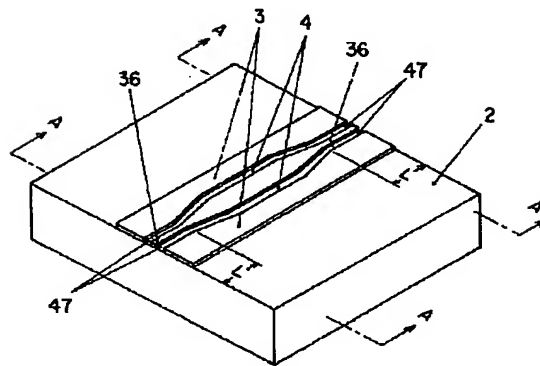
【図13】



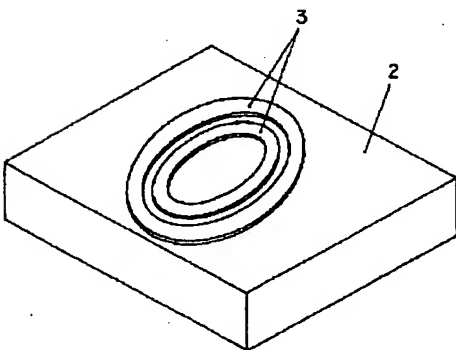
【図14】



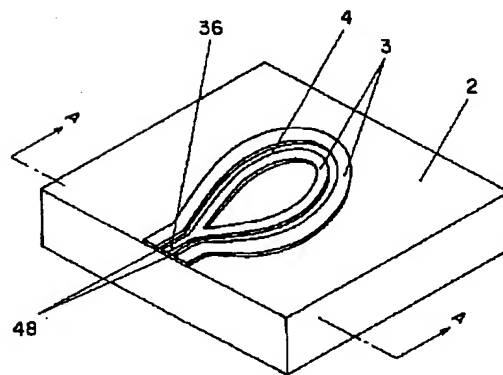
【図15】



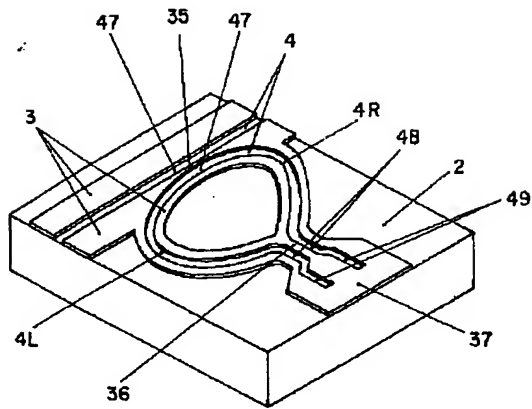
【図16】



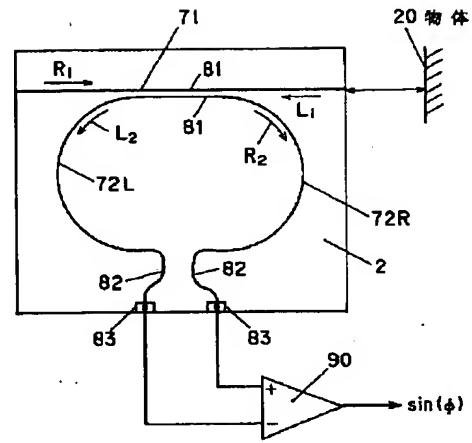
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 森 雅彦
 茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技
 術院電子技術総合研究所内
 (72)発明者 向井 誠二
 茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技
 術院電子技術総合研究所内

(72)発明者 矢嶋 弘義
 茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技
 術院電子技術総合研究所内
 (72)発明者 陳 智勇
 茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技
 術院電子技術総合研究所内